

**Estudio sedimentológico de las formaciones del límite Cretácico Superior/Paleógeno Inferior en secciones de la cuenca Sagua de Tánamo.**

**Sedimentological study of the formations of the Upper Cretaceous/Lower Paleogene boundary in sections of the Sagua de Tánamo basin.**

Pedro Luis Polanco-Almaguer. Máster en Geología. Centro de Investigaciones del Níquel, Cuba. [ppolanco@cil.moa.minem.cu](mailto:ppolanco@cil.moa.minem.cu)

Reinaldo Rojas Consuegra. Doctor en Ciencias Geológicas. Investigador Titular. Centro de Investigaciones del Petróleo, Cuba. [rojas@ceniai.inf.cu](mailto:rojas@ceniai.inf.cu)

**Resumen**

El objetivo de esta investigación fue obtener un modelo de evolución paleoambiental del intervalo Cretácico Superior/Paleógeno Inferior en la cuenca Sagua de Tánamo, a partir del análisis de facies sedimentarias. Para ello se caracterizó estratigráfica y sedimentológicamente dichas formaciones en el área de estudio, se realizó la paleoecología basada en foraminíferos planctónicos y el análisis de facies sedimentarias. Se determinó que durante el maastrichtiano la sedimentación fue típicamente flyshoide-olistostrómica con abundantes fragmentos y bloques de la secuencia ofiolítica y el extinto arco volcánico del Cretácico y que el daniano se compone de calizas brechosas, conglomerados y areniscas volcanomícticas de cemento calcáreo, manteniendo el carácter flyshoide. La interpretación paleoecológica aporta que la sedimentación ocurrió en latitudes tropicales y subtropicales durante el maastrichtiano, pasando a zonas más templadas durante el daniano. Las Formaciones Mícara y La Picota se acumularon bajo un régimen turbidítico, en zonas del talud y llanura abisal, asociadas a las partes planas de los abanicos submarinos. Gran Tierra se interpreta como una turbidita asociada a plataformas carbonatadas aisladas (Tipo Bahamas) que sufren un proceso de somerización, depositadas en un ambiente marino de energía baja a media en una zona batial.

## **Abstract**

The objective of this research was to obtain a paleoenvironmental evolution model of the Upper Cretaceous/Lower Paleogene interval in the Sagua de Tánamo basin, based on the analysis of sedimentary facies. For this purpose, stratigraphically and sedimentologically these formations were characterized in the study area, paleoecology based on planktonic foraminifera and the analysis of sedimentary facies. It was determined that during the Maastrichtian the sedimentation was typically flyshoidal-olistostromica with abundant fragments and blocks of the ophiolitic sequence and the extinct volcanic arc of the Cretaceous and that the Danian is composed of brecciose limestones, conglomerates and volcanic sandstones of calcareous cement, maintaining the character flyshoidal. The paleoecological interpretation provides that the sedimentation occurred in tropical and subtropical latitudes during the Maastrichtian, going to more temperate zones during the Danian. The Mícaro and La Picota Formations accumulated under a turbiditic regime, in areas of the slope and abyssal plain, associated with the flat parts of submarine fans. Gran Tierra is interpreted as a turbidite associated with isolated carbonate platforms (Bahamas type) that undergo a process of somerization, deposited in a marine environment of low to medium energy in a bathyal zone.

**Palabras clave:** sedimentología; paleoambiental; turbidita; cuenca Sagua de Tánamo; límite Cretácico/Paleógeno.

**Keywords:** sedimentology; paleoenvironmental; turbidite; basin sagua de Tánamo; Cretaceous/Paleogene limit.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El estudio del límite Cretácico/Paleógeno (K/Pg) está relacionado con la ocurrencia de cambios trascendentales en la paleogeografía y los paleoambientes en la región caribeña, especialmente en el Caribe noroccidental.

En 1980, Luis Álvarez y su hijo Walter descubrieron que el paso de la era Mesozoica a la Cenozoica está marcado por un sorprendente enriquecimiento de iridio en una capa muy fina de arcilla marcado en todo

el mundo, indicio que los llevó directamente tras el rastro del meteorito que hace 65 millones de años chocó con la Tierra. El impacto se produjo en aguas poco profundas al borde del océano, por tanto, engendró con seguridad una gigantesca ola tsunami o varias, cuyas huellas tienen que encontrarse en depósitos sedimentarios. Después del impacto, la tierra sufrió importantes cambios, que acabaron de forma masiva con cerca del 70 % de las formas de vida que existían en esa época (límite del periodo Cretácico-Paleógeno, mejor conocido como K-Pg), entre ellas la de los dinosaurios. Por varios meses, e incluso años, la tierra estuvo inmersa en oscuridad total, debido a los polvos (cenizas) y humos arrojados, distribuidos a nivel global, que paulatinamente impidieron el paso de los rayos solares; como consecuencia se presentó un intenso frío invernal que, de igual manera, tuvo una duración de varios años y que destruyó la flora (a falta de fotosíntesis) y con ella la cadena alimenticia.

El límite K/Pg en el Caribe viene marcado por cambios bruscos de la flora y la fauna terrestre y marina que se manifiestan por la extinción del 50 hasta el 90 % de la diversidad de las especies relacionados con modificaciones de los ecosistemas a nivel mundial. Si bien este límite está marcado en todo el mundo por un fino lecho de arcillas enriquecido en iridio, en el Caribe se encuentra formando un arco de círculo de 3 000 km desde Alabama hasta Guatemala, Haití, Cuba Occidental en una capa de arena gruesa de un espesor de 2 ó 3 metros con gotitas de vidrio y minerales chocados. En Cuba Oriental existen secuencias flyshoides y olistostrómicas correlacionables con las secuencias que marcan el límite K/Pg en Cuba Occidental.

En la región del Caribe este límite está muy relacionado con el desarrollo de eventos geológicos de considerable importancia como la colisión del arco de islas volcánicas de las Antillas Mayores del Mesozoico con la paleoplataforma de Bahamas y con el impacto del meteorito en la zona de Yucatán.

El estudio detallado de las rocas sedimentarias del límite K/Pg permite conocer las condiciones geológicas y ambientales que existían en el momento de la catástrofe y las implicaciones que trajo para la biota, debido a las transformaciones medioambientales acaecidas. Por lo que el objetivo de esta investigación fue obtener un modelo que explique las condiciones

paleoambientales en las que se depositaron los sedimentos que componen las secciones del Cretácico superior y el Paleógeno inferior en la cuenca Sagua de Tánamo.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Luego de revisar críticamente la bibliografía existente acerca del análisis de facies sedimentarias y teniendo en cuenta los criterios de diferentes autores y las tendencias que estos representan, se decidió aplicar la "Metodología del análisis de facies" propuesta por Alfredo Arche en la nueva edición corregida y aumentada del texto "Sedimentología", volumen I; publicado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Madrid, 1992). Esta metodología presenta una relevante actualidad y no difiere en gran medida de otras propuestas analizadas; además, tiene la ventaja de encontrarse sintetizada y ordenada por pasos lógicos a seguir -lo que permite una aplicación práctica-, cosa que en otros textos no fue posible constatar. A pesar de lo anterior, fue parcialmente modificada, enriqueciéndola con elementos aportados por otros investigadores y la experiencia personal de los autores de esta investigación, para adecuarla a las características y condiciones de trabajo objetivas del área de estudio.

A continuación se explican los pasos a seguir para el análisis de facies sedimentarias.

### **2.1. Descripción de las facies en el campo**

Las facies normalmente son distinguidas en la base de los atributos que son genéticamente significativos, porque el foco del análisis de facies es generalmente averiguar algún aspecto del origen de la sucesión. Así, generalmente las características diagenéticas y de desgaste (como el color de la roca y el tipo de cemento) son de menos valor que los atributos primarios como el tamaño y selección del grano, estructuras físicas, contenido fósil, composición de los minerales sedimentarios autógenos, etc. La elección de las características a usar en la designación de las facies es normalmente evidente solo después de que el depósito ha sido examinado en detalle: la subdivisión de la sucesión en facies es una de las últimas cosas que se hace antes que comience la fase de interpretación, porque es solo entonces que el rango completo de las características del

depósito es conocido y el número de facies necesitado para describir la sucesión puede ser evaluado adecuadamente (James & Dalrymple, 2010).

## **2.2. Agrupación de estas facies en secuencias compuestas de dos o más miembros, limitadas en general por superficies netas**

Una facies individual puede tener poco valor en una interpretación de medios, sin embargo, puede ser muy significativa si la analizamos relacionándola con las facies que se encuentran por encima y por debajo, formando una asociación de facies, que estaría formada por dos o más facies ligadas genéticamente y que reflejan la actividad de un proceso o procesos en un determinado medio o asociación de medios durante un tiempo suficiente como para producir unos depósitos que se conservan en el registro geológico (Arche, 1992). Luego se definen sucesiones de facies a partir del ordenamiento secuencial de facies o asociaciones de facies. El concepto de sucesiones implica que ciertas propiedades de las facies cambian progresivamente en una dirección específica (horizontal y verticalmente) aunque una sucesión "aleatoria" desordenada es posible (James & Dalrymple, 2010).

## **2.3. Inclusión en la secuencia obtenida de los datos de paleocorrientes, paleoecología de la fauna encontrada y de composición litológica**

Aquí se integran la información obtenida de la interpretación de las estructuras sedimentarias y características litológicas observadas en el campo y/o en el laboratorio, además de los datos paleoecológicos resultado de la caracterización de los fósiles (en esta investigación nos centramos en los Foraminíferos Planctónicos).

## **2.4. Determinación de los cambios laterales y verticales de las secuencias**

Generalmente basta con la simple observación visual de una sección para separar secuencias y ciclos; y determinar su continuidad lateral. Pero en otras ocasiones esto no es posible, entonces se puede solucionar, en parte, el problema determinando si dos facies pasan la una a la otra más veces de

las que un apilamiento aleatorio daría lugar, lo que revelaría una relación genética antes no sospechada (Arche, 1992).

## **2.5. Interpretación del medio de sedimentación y los procesos que generaron la secuencia (comparación con modelos actuales)**

En este paso se interpreta el medio y los procesos que lo produjeron. Básicamente se utilizan datos obtenidos de las estructuras sedimentarias, geometría, litología, contenido fosilífero y marco tectónico. El resultado se compara con los modelos basados en el estudio de los ambientes deposicionales actuales.

## **3. RESULTADOS**

### **3.1 Caracterización estratigráfica**

**Formación Mícara:** Aflora muy bien entra Mayarí y Baracoa, provincias de Granma, Holguín y Santiago de Cuba, en los valles del macizo montañoso, muy relacionado con el olistostroma La Picota. Es una sección de turbiditas grauvacas, bien estratificadas, de pocos centímetros hasta decenas de centímetros de espesor, que presentan gradación granulométrica, con icnitas y bioglifos en la base de los estratos. Localmente aparecen capas de conglomerados ricos en cantos rodados de rocas del arco volcánico del Cretácico, y en menor grado, de serpentinitas. También se les intercala localmente de hasta 5 y 10 cm de areniscas bien estratificadas constituidas por granos de serpentinita. Raramente aparecen intercalaciones de tobas vitroclásticas, cristaloclásticas y tufitas psammiticas, sobre todo en la porción del Daniano temprano (La Alcarraza). Las secciones de la Formación Mícara pueden estar intercaladas con aquellas de la Formación La Picota, que constituye eventos de deslizamientos submarinos hacia la cuenca, provenientes del frente de sobrecojimiento o de superficies de despegue someras (decollement). En estos casos hay masas de la Formación Mícara extremadamente deformadas y desmembradas.

*Tanatocenosis y edad.* En otros afloramientos de la Formación Mícara se han descrito numerosos fósiles, incluyendo foraminíferos (*Globotruncana* spp., *Globotruncanella havanensis*, *G. petaloidea*, *Globotruncanita conica*, *Guembelina cretacea*, *Pseudotextularia varians*, *Racemiguembelina*

fructicosa, Rosita contusa, Rugoglobigerina sp.) propios del Maastrichtiano Superior y Globigerina eugubina del Daniano basal. Algunas localidades estudiadas por el Mark Pucket (ostrácodos) y Charlie Smith (nannofósiles) contenían también fósiles del Maastrichtiano y Paleoceno. Por ejemplo, 1. Calabazas (Maastrichtiano: A. mayaroensis, R. fructicosa, G. contusa, G. stuarti, A. mayaroensis, y Bairdia y Cytherella; Paleoceno: Cytherelloidea y Cytherella). 2. Sección El Pica (Paleoceno: Cruciplacolithus tenuis, Chiasmolithus spp., y Braarudosphaera spp.).

*Ambiente de sedimentación.* Se depositó en una depresión marina de aguas profundas, con aportes de sedimentos producto de la erosión de un terreno con rocas volcánicas y máfico-ultramáficas, seguido por el deslizamiento de escamas tectónicas y olistostromas frontales, que se mezclaron con los sedimentos, debido al avance de mantos de corrimiento.

**Formación La Picota:** Se desarrolla en las provincias de Holguín, Santiago de Cuba y Guantánamo. Se interdigita lateralmente con la Fm. Mícara. Se ha caracterizado como un olistostroma compuesto por conglomerados polimícticos y conglobrechas, con intercalaciones de areniscas polimícticas y argilitas grauvacas. El material clástico, desde mal seleccionado hasta caótico, incluye cantos rodados, bloques, olistolitos y olistoplacas. El tamaño de estos elementos detríticos varía desde algunos centímetros hasta cientos de metros. Los menores son derivados de rocas del arco volcánico del cretácico y máfico-ultramáficas, los olistolitos y olistoplacas pueden estar constituidos por secciones desmembradas de la Formación Mícara y los olistoplacas son rocas máfico-ultramáficas y metamórficas. Las secciones olistostrómicas típicas tienen matriz areno-arcillosa de tipo grauvaca, y se intercala con paquetes de varios metros de espesor compuestos por arenisca de grano grueso a fino, gradacionales, de composición serpentinitica, bien estratificada. Estos olistostromas interdigitan lateralmente con la Formación Mícara, y sobreyacen discordante a la Formación Santo Domingo y las metamorfitas de Sierra del Purial. Se cubren concordantemente por las formaciones Gran Tierra y Sabaneta del Daniano. Los fósiles índices son Foraminíferos: Sulcoperculina globosa, Vaughanina cubensis; Briozos y Algas.

**Formación Gran Tierra:** Posee afloramientos discontinuos en La Alcarraza, Mayarí Arriba y al este-noreste de Sagua de Tánamo. En el corte de La Alcarraza, la formación se compone de conglomerados vulcanomícticos con cemento calcáreo, que transiciona hacia arriba a biocalcarenita margosa. Los sedimentos terrígenos basales de esta unidad tienen un carácter de flysch. Los clastos son angulosos y subangulosos de vulcanitas básicas. Hacia la parte alta del corte, predominan las calizas organodetríticas intercaladas con margas. Las biocalcarenitas están constituidas por clastos de calizas arrecifales con corales, miliarios y algas, con típica ritmicidad de origen turbidítico. Existen algunas brechas intraformacionales de aspecto olitostrómico. La Fm. Gran Tierra parece ser un producto de la sedimentación de corrientes turbias de dos fuentes distintas: barreras arrecifales y terrenos donde afloraban vulcanitas y serpentinitas. El material calcáreo abunda hacia el suroeste de Sierra Cristal, lo que explicaría la presencia de depósitos calcareníticos olitostrómicos en esa dirección. En ninguna localidad se ha observado superposición tectónica de las ofiolitas sobre esa unidad. Ella es sobreyacida en concordancia por la Fm. Sabaneta, con la que tiene un contacto gradual. La asociación fosilífera reportada se compone de foraminíferos tales como *Globorotalia imitata*, *G. pseudobulloides*, *G. trinidadensis* y los ostrácodos *Hermatites* sp., *Bairdia* sp., *Xestoleberis* sp. Que determinan el Paleoceno Inferior.

### **3.2 Paleoecología basada en foraminíferos planctónicos**

El estudio de los foraminíferos planctónicos para hacer determinaciones paleoecológicas no es muy común, puesto que no son los mejores microfósiles indicadores de paleoambientes. Son más usados para estudios cronoestratigráficos, pero una vez identificados, pueden aportar información de las latitudes que habitaron. En la presente investigación tomamos géneros y especies identificadas, por diferentes autores, en las formaciones Mícara y Gran Tierra para realizar el análisis paleolatitudinal de las mismas (figura 11). En el maastrichtiano existe un claro predominio de especies que viven en latitudes tropicales y subtropicales, con destaque para los géneros *Rugoglobigerina* sp. y *Globigerinelloides* sp., así como las especies *Globotruncanella stuarti* y *Globotruncanella petaloidea*. En el daniano, los



*Chiloguembelínidos* ocuparon todas las latitudes con mayor abundancia en la subpolar.

### 3.3 Análisis de facies

Como ya se ha dicho anteriormente, el análisis de facies sedimentarias, en la actualidad, es una importante herramienta (casi imprescindible) en los estudios sedimentológicos de rocas antiguas.

Formación Mícara

Sección La Alcarraza: en el corte afloran rocas clásticas, terrígenas y en menor medida carbonatadas (Figura 1).

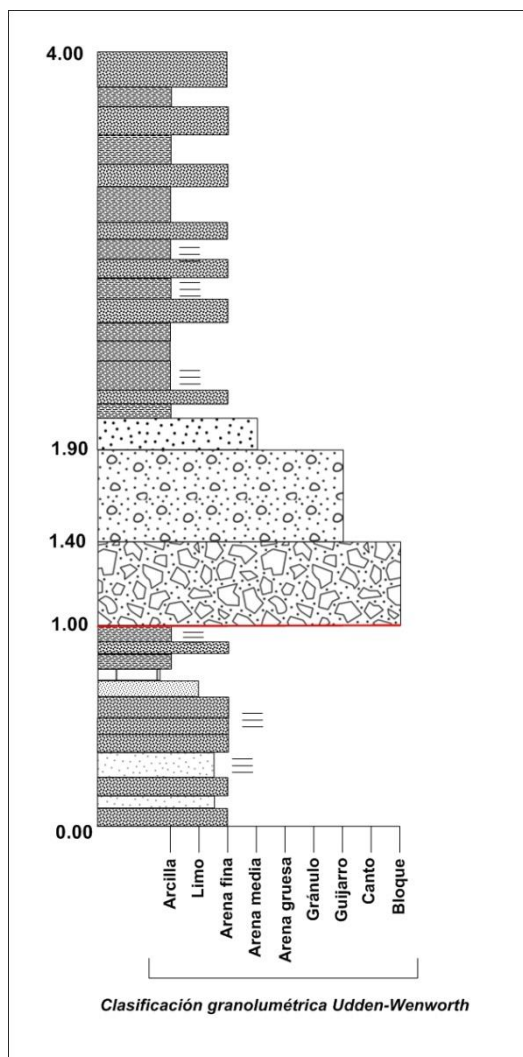


Figura 1. Columna estratigráfica de la sección La Alcarraza.

La parte inferior del corte, que pertenece al Maastrichtiano, se caracteriza por la acumulación de areniscas masivas que transicionan a una arenisca con mayor contenido de arcilla y disminución de la cantidad de arena, hasta

la aparición de una fina capa de caliza. Esta asociación de facies pertenece a un ambiente deposicional marcado por un rápido hundimiento de la cuenca y régimen superior de flujo, caracterizado por una rápida sedimentación y estratificación.

Justo encima de este paquete, se encuentra una brecha polimíctica (clastos angulosos de gabros, microgabros, tobas, calizas, peridotitas serpentinizadas) cuya matriz es un microconglomerado a arena gruesa, que transiciona a microconglomerado con cantos rodados redepositados. Estas facies exóticas requieren de mayor pendiente que las clásicas corrientes turbidíticas y son más abundantes al pie del talud. Se interpreta como un deslizamiento provocado por los tsunamis producidos al impactar el meteorito en Chixchulux al final del Cretácico (Figura 2).

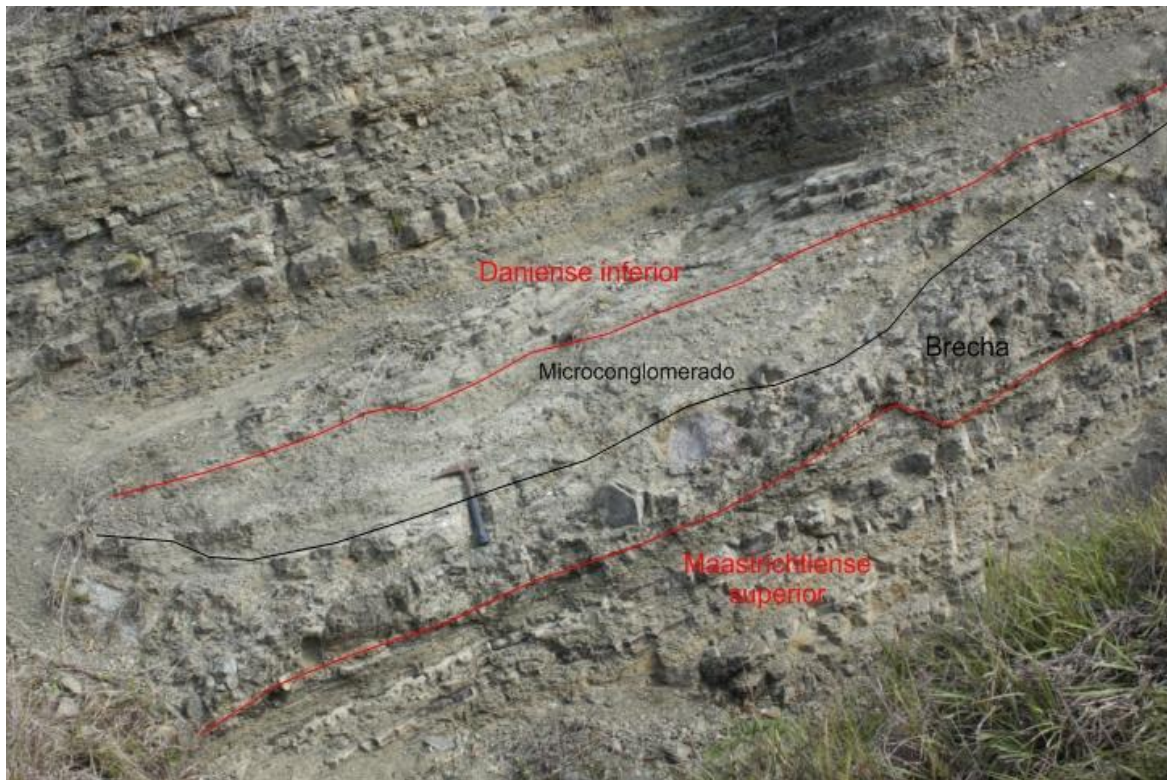
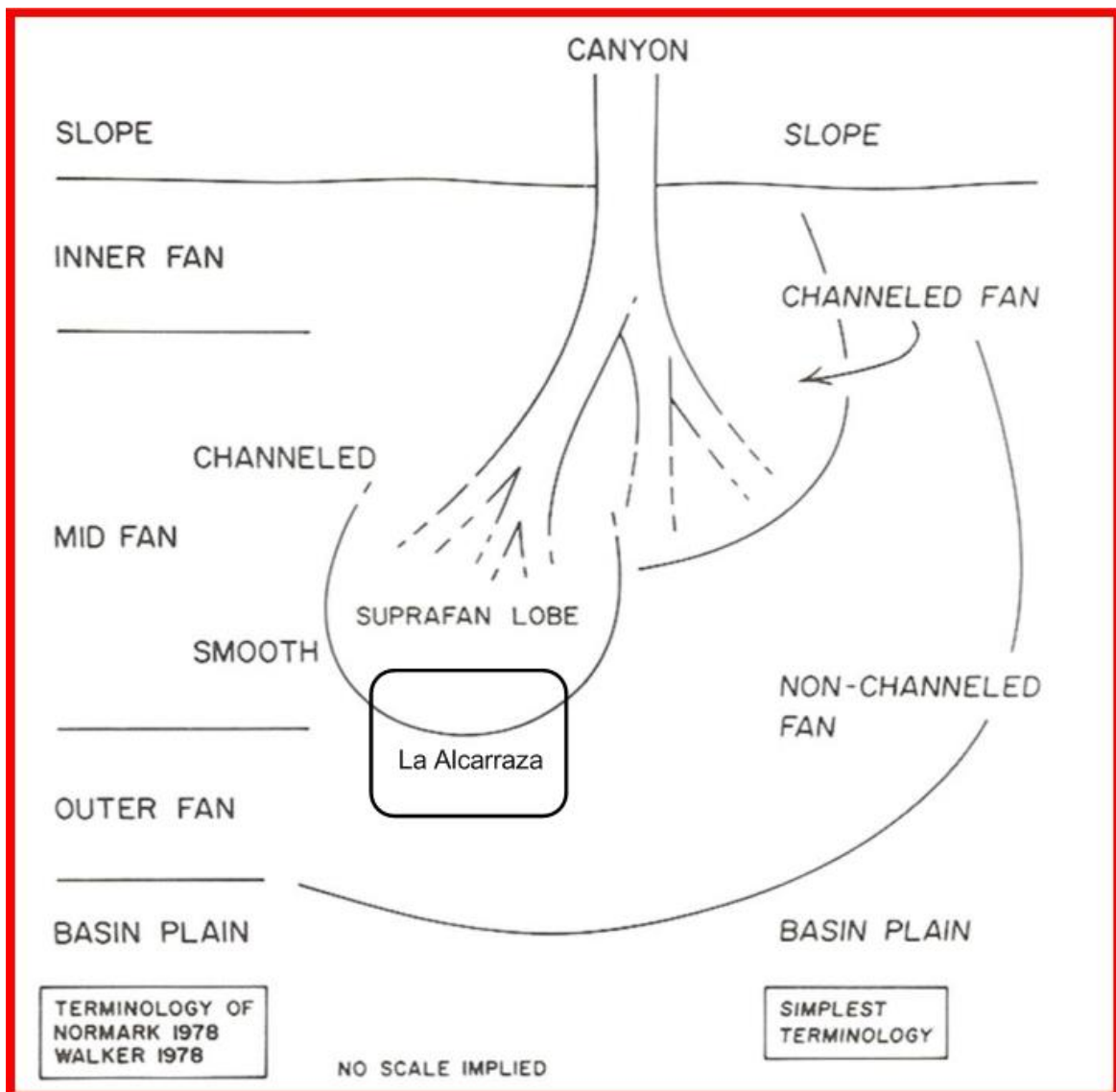


Figura 2. Sección La Alcarraza.

La parte superior del corte, de edad Paleoceno, se caracteriza por alternancias rítmicas de areniscas masivas pardas y grisáceas y lutitas algo laminadas. La estratificación es paralela y hay ausencia de señales erosivas o de canalización. Cada estrato de arenisca y/o lutita analizado de forma independiente no aporta información relevante del ambiente de formación, incluso si se analizan los ciclos arenisca-lutita por separado tampoco se

obtienen datos relevantes que permitan una interpretación acertada del sistema deposicional. Solo analizando la alternancia monótona de arenisca y arcilla como un solo ciclo, se puede llegar a una interpretación cercana a la realidad. La misma se interpreta como una facies turbidítica clásica, depositada en un abanico submarino desarrollado en una llanura abisal. Por las características y relaciones de los estratos se ubica en medios planos, como las partes planas de los lóbulos del suprafans o el abanico inferior (Figura 3).



**Figura 3.** Ambiente deposicional de la Formación Mícara en La Alcarraza.

## Formación Gran Tierra

Sección Gran Tierra: el corte se compone en su parte inferior de capas de hasta 2 m de margas grises y verdes laminadas y nodulosas, separadas por finos niveles carbonatados. Más arriba en el corte, disminuye la potencia de las capas de margas, permaneciendo los niveles carbonatados. Luego estos (carbonatos) son sustituidos por niveles de brechas, repitiéndose más arriba los ritmos de margas y calizas de poca potencia con zoophycus (Figura 4). Finalmente el corte termina con capas de 1 a 2 metros de brechas conglomeráticas con cemento de arenas gruesas.

**La secuencia** antes descrita se sedimentó en un ambiente marino de energía baja a media, en una zona batial. Son turbiditas asociadas a plataformas carbonatadas aisladas (Tipo Bahamas) que sufren un proceso de somerización.

La presencia de la icnofacies zoophycus implica un ambiente marino de energía baja a media, sedimentos inconsolidados ubicados en una zona batial.



Figura 4. Icnofacies zoophycus en calizas de la Formación Gran Tierra.

## Formación La Picota

Se compone de numerosos olistostomas que en ocasiones presentan una intensa deformación y mezcla tectónica con bloques de clastitas de la formación Mícara, serpentinitas, calizas, gabros y diabasas. Se ha caracterizado como un olistostroma compuesto por conglomerados polimícticos y conglobrechas, con intercalaciones de areniscas polimícticas y argilitas grauvacas. El material clástico, desde mal seleccionado hasta caótico, incluye cantos rodados, bloques, olistolitos y olistoplacas. Tiene una composición muy variable en cortas distancias, a veces con apariencia brechosa y en ocasiones conglomerática, presentando en

proporciones variables la matriz y el cemento, este último carbonatado. De acuerdo a las características de esta formación se estima que la misma se acumuló a finales del Cretácico, asociada al emplazamiento de las ofiolitas, que constituyeron su principal fuente de suministro. Se depositó en la zona del talud a profundidades medias. Los conglomerados son de origen marino y fluvio-marino, de facies deltaicas y en mayor parte continental.

## **4. Discusión**

### **4.1. Modelo de evolución paleoambiental**

Para el final del maastrichtiano, en la cuenca Sagua de Tánamo, la sedimentación tuvo un carácter predominantemente flyshoide-olistostrómica, con abundante aporte de fragmentos y bloques la secuencia ofiolítica y del arco volcánico extinto en el campaniense. El material clástico aparece de mal seleccionado a caótico e incluye cantos rodados, bloques, olistolitos y olistoplasas. La matriz es areno-arcillosa. Durante esta edad, la cuenca pasa por un momento de rápido hundimiento y régimen superior de flujo, caracterizado por una rápida sedimentación y estratificación. Las rocas estudiadas se depositaron en la zona del talud a profundidades medias, con conglomerados de origen marino y fluvio-marino, de facies deltaicas y en mayor parte continental. Justo en el límite Maastrichtiano-Daniano aparecen facies exóticas (brechas polimícticas) asociadas a deslizamientos provocados por los tsunamis producidos al impactar el meteorito en Chixchulux. En el daniano, la sedimentación ocurre de dos formas fundamentales. Una, como turbiditas clásicas, depositada en un abanico submarino desarrollado en las partes planas de los lóbulos del suprafans o el abanico inferior, en una llanura abisal; la otra pertenece a un ambiente marino de energía baja a media, en una zona batial. Son turbiditas asociadas a plataformas carbonatadas aisladas (Tipo Bahamas). Al final del daniano la cuenca sufre un proceso de somerización. De forma general, la cuenca Sagua de Tánamo se encontraba ubicada en latitudes tropicales y subtropicales durante el maastrichtiano, pasando a zonas más templadas durante el daniano.

## **5. Conclusiones**

- Durante el maastrichtiano, en la cuenca Sagua de Tánamo, la sedimentación fue típicamente flyshoide-olistostrómica con abundantes fragmentos y bloques de la secuencia ofiolítica y el extinto arco volcánico del albiense-campaniense. En el Daniano se compone de calizas brechosas, conglomerados y areniscas volcanomícticas de cemento calcáreo, manteniendo en su parte basal el carácter flyshoide típico del tránsito Maastrichtiano-Daniano en la región.
- La interpretación paleoecológica de las asociaciones de foraminíferos planctónicos estudiadas demuestra que la sedimentación ocurrió en latitudes tropicales y subtropicales durante el maastrichtiano, pasando a zonas más templadas durante el daniano.
- La Formación La Picota se acumuló a finales del Cretácico, asociada al emplazamiento de las ofiolitas, que constituyeron su principal fuente de suministro. Se depositó en la zona del talud a profundidades medias, con conglomerados de origen marino y fluvio-marino, de facies deltaicas y en mayor parte continental.
- La Formación Gran Tierra, del Daniano, se sedimentó en un ambiente marino de energía baja a media, en una zona batial. Son turbiditas asociadas a plataformas carbonatadas aisladas (tipo Bahamas) que sufren un proceso de somerización.
- La cuenca Sagua de Tánamo en el Maastrichtiano, está asociada a un ambiente deposicional marcado por un rápido hundimiento y régimen superior de flujo, caracterizado por una rápida sedimentación y estratificación. Justo en el límite maastrichtiano-daniano aparece una facies exótica (brecha polimíctica) asociada a un deslizamiento provocado por los tsunamis producidos al impactar el meteorito en Chixchulux. En el daniano la sedimentación se interpreta como una facies turbidítica clásica, depositada en un abanico submarino desarrollado en las partes planas de los lóbulos del suprafans o el abanico inferior, en una llanura abisal.

## 6. REFERENCIAS

Alvarez, L. & Alvarez, W. 1980: Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary boundary extinction. *Science* [en línea] Vol. 208, junio 1980. Consulta: 14 sept 2015. Disponible en: [http://earthscience.rice.edu/wpcontent/uploads/2015/11/Alvarez\\_K-Timpact\\_Science80.pdf](http://earthscience.rice.edu/wpcontent/uploads/2015/11/Alvarez_K-Timpact_Science80.pdf)

Arche, A. 1992: *Sedimentología*. 2 ed. Vol. I. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 32-68 p.

James, N. P., & Dalrymple, R. W. 2010: *Facies Models*. Ed. 4 ed. Canada: Geological Association of Canada. 152-167 p.